



**Kandidatarbeten
i Skogsvetenskap**
Fakulteten för Skogsvetenskap

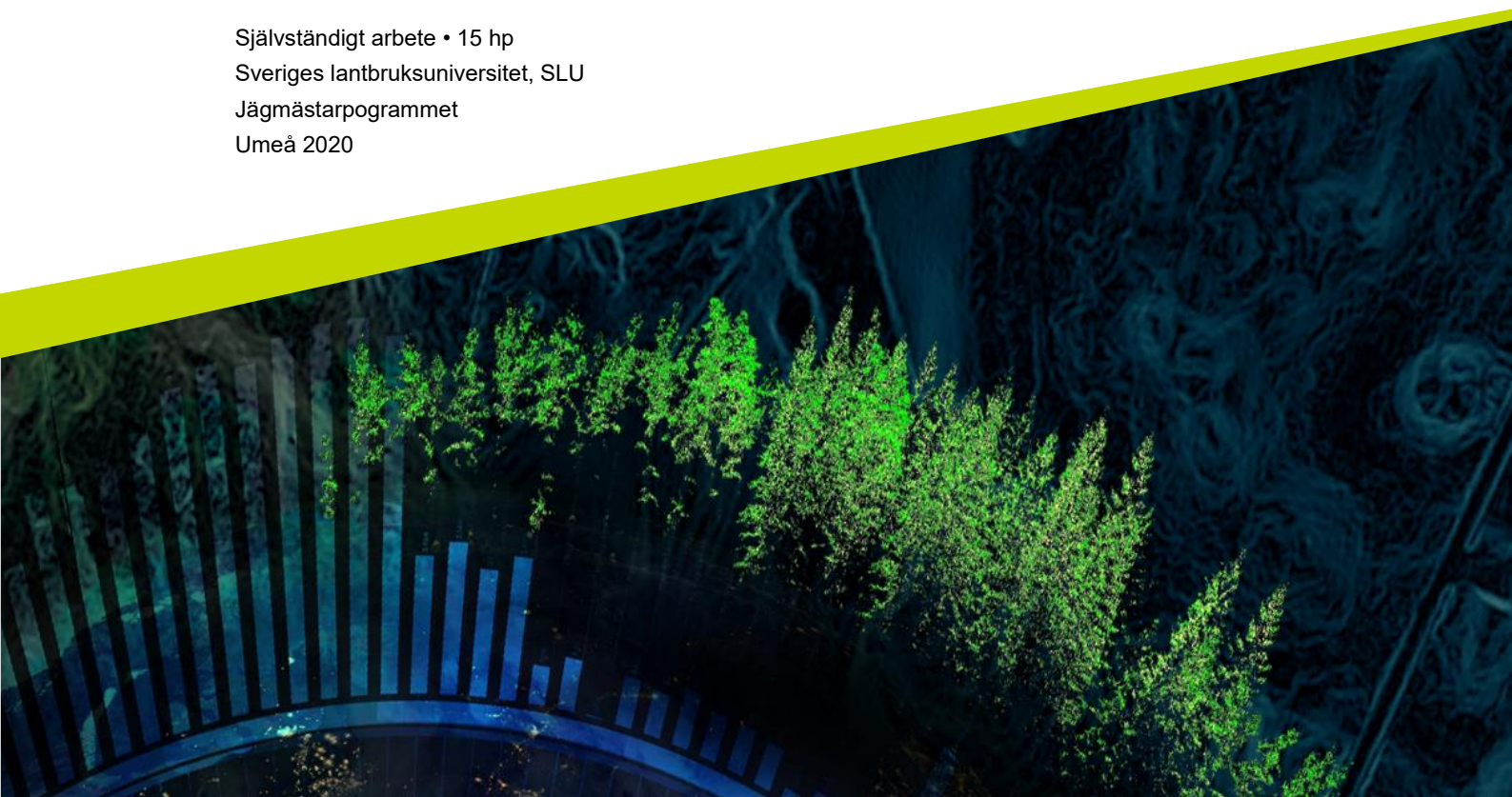
2020:7

Den vuxna laxens migration i Vindelälvens laxtrappa

The migration of adult salmon in Vindelälven's salmon ladder

Camilla Blomdahl & Jeanette Jonsson

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Jägmästarpogrammet
Umeå 2020



Den vuxna laxens migration i Vindelälvens laxtrappa

The migration of adult salmon in Vindelälven's salmon ladder

Camilla Blomdahl och Jeanette Jonsson

Handledare: Anders Alanärä, SLU, Vilt, fisk och miljö

Examinator: Tommy Mörling, SLU, Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Omfattning: 15hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt kandidatarbete i skogsvetenskap

Kurskod: EX0911

Program/utbildning: Jägmästarprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2020

Nyckelord: Salmo salar, uppströmsmigration, Laxmigration, Salmon, Atlantic salmon, upstream migration, fish ladder

Sveriges lantbruksuniversitet

S-fak

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

SAMMANFATTNING

Lax, *Salmo salar*, har en anadrom livscykel. Den spenderar delar av sitt liv ute i saltvatten i havet innan den simmar tillbaka till sitt söta hemvatten för lek. För en del laxar blockeras de naturliga vandringsvägarna till lekplatsen av vattenkraftverk. Konstgjorda laxtrappor byggs ibland för att underlätta vandringen. Denna rapport består av en undersökning av den vuxna laxens migration i Vindelälvens laxtrappa vid kraftverket Norrfors åren 2017-2019. Innan smolten, den unga laxen, vandrar ut till havet har den där märkts med radiotaggar som sedan kan registreras på antenner i laxtrappan då de påbörjar sin klättring tillbaka. Tack vare detta går det att se om det att bedöma hur lång tid olika grupper lax spenderade i diffusorn i början av trappan, hur lång tid klättringen uppför trappan tog, och hur stor andel av laxen som fullbordade klättringen.

De senaste åren har en hög grad sjuklighet observerats bland laxar i bland annat Vindelälven, särskilt tidigt på säsongen. Därför är tidig (lax som kommit juni-juli) och sen (som kom augusti-september) lax en av grupperna som jämförts. Övriga grupper som jämförts är vild lax mot odlad lax, där odlad lax har sitt ursprung nedanför trappan, samt grilse mot MSW-lax, där grilse är lax som spenderat en vinter i havet och lax som spenderat flera vintrar i havet kallas MSW-lax (Multi sea winter-lax).

Resultaten visade skillnader både på tiden i diffusorn och tiden för klättringen mellan vild och odlad lax. Det fanns ingen skillnad mellan den tidiga och den sena säsongens lax på tiden i diffusorn eller tiden för klättring. Däremot fanns en skillnad i hur stor andel lax som simmade in i trappan under säsongerna. Skillnaden i andel mellan säsongerna skulle kunna bero på den sjukdom som har observerats i Vindelälven. När grilse och MSW-lax jämfördes fanns det en skillnad på tiden som spenderades i diffusorn, samt tiden för klättringen. Detta kan också ha påverkats av sjukdomen.

Nyckelord: Laxtrappa, *Salmo salar*, uppströmsmigration, Vindelälven, Laxmigration

ABSTRACT

Atlantic salmon, *Salmo salar*, has an anadromous life cycle. They spend parts of their life in saline water in the ocean, and later migrate back to their fresh home waters to spawn. Some salmon find their migration pathways blocked by hydraulic power stations. Here, human-made salmon stairs are sometimes built to make the ascent easier. This report aims to investigate and analyze the adult salmon's upstream migration up the Vindelälven salmon ladder the year's 2017-2019. Before the smolt, the young salmon, migrated to the ocean, they were tagged so that they could be registered by antennas in the ladder when they begin their journey back. Because of this it is possible to determine the amount of time different groups of salmon spent in the entrance pool, the amount of time their ascent up the ladder took, and what portion of the salmon managed to successfully finish this ascent.

In recent years a high amount of disease has been observed in the river Vindelälven among others, especially early in the season. Because of this, early season salmon (arriving at the ladder in june-july) and late season salmon (arriving in august-september) is one of the groups being compared. The other groups are wild salmon compared with hatchery-reared salmon, and grilse compared with MSW-salmon. Grilse is salmon that has spent only one winter out at sea, while salmon spending more sea winters at sea before spawning are called Multi sea winter-salmon (MSW-salmon).

The results showed a difference in both the time spent in the entrance pool and the time spent in the ascent of the ladder between wild and hatchery-reared salmon. There were no differences in the time the early and late season salmon spent in either the entrance pool nor the ladder. There was however a difference in the portion of salmon that begun their ascent up the ladder between the seasons. This difference between the early and the late season could be a result of the disease that has been seen in the river Vindelälven. When grilse and MSW-salmon was compared a difference was found in the time spent in the entrance pool, as well as the time ascending the ladder. These results could also be affected by the disease.

Keywords: Salmon, Atlantic salmon, *Salmo salar*, upstream migration, fishladder,

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förkortningar	7
1. Inledning.....	8
2. Material och Metod	11
2.1. Märkning av lax	11
2.2. Datainsamling.....	12
3. Resultat.....	14
3.1. Laxens klättring	14
3.2. Tiden för laxens passerande av sista luckan	17
3.3. Resultatet för statistiska analyserna.....	18
4. Diskussion.....	19
Referenser.....	23

Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SVA	Statens veterinärmedicinska anstalt
HaV	Havs- och vattenmyndigheten
MSW	Multi sea winter
UDN	Ulcerative Dermal Necrosis

1. INLEDNING

Lax (*Salmo salar*) är en anadrom art; den lever sitt vuxna liv i saltvatten och fortplantar sig i sötvatten (Fjeldstad *et al.* 2018). Den unga laxen, smolten, emigrerar på våren från floden de vuxit upp i, dess hemvatten, ut till havet. Där stannar de för att äta och växa till sig. All lax från hemvatten som mynnar till Östersjön, som laxen i Vindelälven, stannar i Östersjön under sin tillväxt till havs (*Lax - Artfakta från ArtDatabanken SLU*). När de blivit fullvuxna laxar återvänder de till sina hemvatten för lek. Den exakta tiden för leken varierar över landet, men sker på hösten och brukar äga rum från september till november, och vandringen inför den kan börja redan i maj (Calles *et al.* 2013). Tiden som de stannar till havs innan de återvänder varierar mellan 1–5 vintrar, beroende på tiden det tar för laxen att bli sexuellt mogen. Lax som återvänder efter bara en vinter till havs är mindre än sina äldre vandringskamrater och brukar skiljas från dessa med namnet grilse. Då det förekommer en viss mortalitet bland de unga laxarna är det inte alltid alla återvänder till sina hemvatten (Hansen & Quinn 1998). Det finns dock även andra anledningar av att alla laxar inte kommer tillbaka. Trots att laxarna drivs av en instinkt att återvända till sitt hemvatten finns det vissa som avviker från detta beteende. Dessa laxar simmar till andra älvar för att leka (Grandy-Rashap 2014). De allra flesta simmar dock tillbaka till sina hemvatten, men mänsklig påverkan, som förekomsten av vattenkraftverk, försvårar ofta resan. Siffror från 2013 beräknar antalet vattenkraftverk i Sverige till 2100 stycken, och av dessa beräknades endast 10% ha någon form av fiskväg för uppströms vandrande fisk (Calles *et al.* 2013). Eftersom den mänskliga påverkan på våra vatten är så pass stor är det extra viktigt att utvärdera de passager som finns.

Vattenkraftverk och andra antropogena störningar påverkar laxens vandringsvägar och beteende, vilket kan försvåra deras vandring uppströms till sina lekplatser. För att motverka de negativa konsekvenserna av kraftverken på vandringen kan laxtrappor byggas som en alternativ vandringsväg. Kvaliteten på vandringsvägen i laxtrapporna blir sällan samma som naturliga vandringsvägar och det är därför nödvändigt att utvärdera och förbättra trappornas effektivitet (Karlsson 2013). Laxtrappan i Norrfors har byggts om år 2010 för att förbättra dess egenskaper och göra vandringen enklare för laxen (*Våra kraftverk: Stornorrfors - Vattenfall*).

I en studie från 2002 (Ferguson *et al.* 2002) med syftet att utvärdera den dåvarande laxtrappan och ge förslag på hur den kunde förbättras för att ge en duglig laxvandring sattes >95% som tröskelvärde för en effektiv anläggning för vandring uppströms. I dåläget uppgick den lyckade vandringen uppför trappan av lax som simmade in i den till 26%. Om ombyggnad skulle leda till att 90% av dom vuxna laxarna lyckas vandra upp för trappan skulle andelen lyckade vandringar alltså öka med 300%. Målet för Norrfors borde vara att över 95% av laxen ska hitta till älven ovanför trappan, och rimligen borde fler åtgärder krävas om detta inte nås, då att förbättra vandringen uppströms bedömdes vara den viktigaste åtgärden för att påverka laxstammen positivt.

Rivinoja (Rivinoja 2005) undersökte lax i Umeälven och gav ett medelvärde på 30% lyckade vandringar mellan åren 1995–2005, med en årlig varians i medelvärden på 0–47%. Lax hindrades eller försenades i sin vandring vid vattenkraftverkets utlopp, vattenfall och laxtrappan, och totalt uppgick förlusten av potentiell lekande lax till avrinningsområdet till 70%. Återigen påpekades vikten av att öka mängden lyckade vandringar, då populationsmodeller har visat att om 75% av honlaxen skulle lyckas med sin vandring från hav till lekplats skulle Vindelälvens laxpopulation kunna öka ungefär 500% på tio år.

I en studie vid Vindelälven av Robert Karlsson, (Karlsson 2013), observerades 70 laxar som simmade in i diffusorn (trappans ingång), medan 60 av dessa sedan simmade uppför hela trappan, motsvarande 78% av laxen. De resterande simmade antingen ner igen och registrerades inte vid senare tillfällen, stannade på samma ställe under en längre period, eller försvann. I ytterligare en studie gjord i Norge, gjordes en observation på 17 märkta laxar som migrerade uppströms i en laxtrappa. Laxarna som återvände stannade 0–71 dagar i diffusorn innan de simmade vidare. I studien visade det sig att endast 40% av laxen fortsatte migrationen uppströms (Thorstad *et al.* 2003). I en studie ifrån Skottland, vad de ca 74% av den märkta laxen som återvände och började klättra i laxtrappan. Tiden som laxen spenderade i diffusorn innan klättring varierade mellan 36 min och 25 dagar (Gowans *et al.* 1999).

De år där data är insamlat har en utbredd laxsjukdom varit aktiv i Vindelälven och många andra svenska vatten. Mycket är okänt ännu om sjukdomen, men den tros vara orsakad av ett virus och liknande symtom som hos de svenska insjuknade laxarna har observerats i andra länder, bland annat Norge och Irland. Multi sea winters-lax (MSW-lax), lax som spenderat flera vintrar ute till havs, verkar ha drabbats hårdast. År 2017–2019 har sjukdomen varit som värst i Vindelälven och många sjuka laxar har observerats vid märkning till havs. Märkningen har skett i samarbete med laxfiskare och har därför bara skett i början av säsongen, innan

laxfiskekvoten uppfyllts¹. Skulle markanta skillnader finnas i fiskens beteende i början och slutet på säsongen skulle detta kunna ge nya insikter i sjukdomen.

Sjukdomen uppmärksammades först när det under både 2014 och 2015 var hög sjuklighet och dödlighet hos Östersjölax i flera norrländska älvar. I Vindelälven fanns mycket svampangrepp, särskilt i början av säsongen. “Under 2014 upplevde personal på Vattenfall AB att det var mycket svampangripen lax under ca två veckor i början av uppvandringsperioden. Som mest plockades per dag 100–150 kg död fisk som fastnat på styrgrindar vid fiskräknaren i laxtrappan vid Stornorrfors” (Brockmark & Carlstrand 2017).

Syftet med arbetet är att få en överblick över laxens beteende vid laxtrappan genom analys av insamlat data från märkta laxar. Det kommer att undersökas hur stor andel av de återvändande laxar som simmar hela vägen upp för trappan, samt den tid det tar för laxarna att simma sträckan. En annan undersökning som kommer att göras är vilken andel som simmar vidare från diffusorn till trappan. Dessa undersökningar kommer att delas upp på jämförelser mellan olika grupper lax. Vild och odlad lax jämförs, liksom grilse och MSW, samt lax från tidig säsong (juni till juli) respektive sen säsong (augusti till september). Den säsongsberoende undersökningen görs då sjukdomen i Vindelälven potentiellt påverkar laxarna olika beroende på säsongen. Analyserna som görs är endast gjorda för vuxen lax som migrerar tillbaka till Vindelälvens laxtrappa och inte för smolt som simmar ut till havet, det är dessutom endast analyser för år 2017–2019. Analyserna jämförs sedan med tidigare publikationer och undersökningar.

Den odlade laxen kommer ursprungligen från Norrfors fiskodling. Fiskodlingen ligger i nära anslutning till fisktrappan och Vindelälven (Paulsson). Laxens instinkter borde därför inte få den att söka sig till en lekplats ovanför trappen eftersom den ursprungligen kommer nedströms ifrån.

Hypotesen blir att det kommer att finnas en variation mellan vandringstiderna hos den vilda och den odlade laxen. Det borde också finnas en skillnad i andelen fisk som klarar vandringen. Den bakomliggande sjukdomen som har observerats hos vissa av laxarna borde ge en skillnad i andelen lyckad klättring hos den lax som kommer in tidigt på säsongen, där färre klarar vandringen än de som kommer senare men även hos MSW-lax och grilse.

¹ Anders Alanärä, Lärare och forskare, SLU

2. MATERIAL OCH METOD

2.1. Märkning av lax

Vindelälven är en biflod som mynnar ut i Umeälven och är lokaliserad i Västerbotten utanför Umeå. Älven har ett avrinningsområde på 12 650 km² och är 445 km lång (Vindelälven - Uppslagsverk - NE.se). Vattenkraftverket Stornorrfors är beläget i den nedre delen av Umeälven mot Vindelälven. Det är det vattenkraftverket i Sverige som producerar mest energi. Den har en fallhöjd på 75 m och producerar 2,3 TWH/år (Stornorrfors - Uppslagsverk - NE.se).

För att fisken ska ha så bra förutsättningar att klara sig som möjligt och för att undvika stress efter att märkningen skett, kontrolleras det vid märkning att det inte finns någon pågående sjukdom i fiskpopulationen. Om sådan finns, avvaktas märkning tills sjukdomen är borta. En annan sak som kontrolleras för att undvika stress är temperaturen i vattnet. Ju högre temperaturen är, desto sämre är fisken på att hantera stress. Det optimala är att hantera fisken då vattnet är mellan 5–10 grader Celsius. En tredje viktig sak är syrenivån i vattnet. Fiskar tenderar att bli mer stressade vid lägre syrehalt. Ett sätt att förbättra syresättningen är att använda syrepumpar som pumpar in syre i vattnet. Detta är viktigare i varmare vatten då syrehalten blir lägre ju högre temperaturen blir, nackdelen med detta är att pumparna kräver mycket el. För att inte fisken ska stressas mer än nödvändigt bör hanteringen av den begränsas, fisk bör exempelvis inte fångas i onödan. Det bör heller inte vara för hög densitet av fisk i samma tank. Om det är för mycket fisk i samma tank kan fisken bli mer stressad.

De laxar som samlats in kontrollerades för att se att de inte hade en märkning sedan tidigare. Smolten samlades in i tankar och flyttades över till nya tankar med bedövningsmedlet MS-222 (Tricaine Methaneulfonate) som används för att bedöva fisken. I tankarna med bedövningsmedel fick fiskarna inte vistas längre än 5 min, denna tidsbegränsning då längre tid kan skada laxen eller i värsta fall leda till död. Koncentrationen som användes var 40 mg/l, och det tar ca 3 min för medlet att verka. Efter det lyftes fiskarna upp en i taget och fick injekterat en PIT-tag (passive integrated transponder) med hjälp av en spruta. PIT-tagarna var 12 mm och

sprutan som användes hade blivit desinfekterad i ett alkoholbad i minst 10 min innan de användes samt mellan varje fisk för att undvika smittspridning. Även taggarna ska vara desinfekterade innan de förs in i sprutan, även här i minst 10 min.

För att föra in taggen in i fisken hålls fisken i handen med buken uppåt med stjärten riktad mot tummen. Den optimala längden av fisk är mellan 80-150 mm, mindre fisk är svårare att tagga och risken för skador och mer predation ökar. För lax som är större än 200 mm kan det vara svårt att få in nålen. Det kan därför vara lättare att ta bort något fjäll för att lättare föra in nålen, eller att sätta märket vid ryggfenan. Fisken hålls fast med hjälp av fingrarna mot handflatan och för att underlätta införandet av taggen till fiskens buk appliceras lätt tryck mot sidan av buken. Beroende på vilken typ av spruta som används för att föra in taggen hålls sprutan olika, men för att få maximalt stöd ska den vila mot handen som håller i fisken, för att på så sätt få bättre stöd och lättare föra in taggen. Om nålen förs in okontrollerat pga otillräckligt stöd finns det en risk att fisken skadas. Taggen bör föras in i magen mellan deras fenor på undersidan, undvik att placera nålen för nära bakkanten av fisken. Undvik att sätta taggen nära bukens mittlinje, utan placera den i stället helt i fettvävnad. Kontrollera även att nålen är i ett bra skick innan den sticks in i fisken för att undvika onödiga komplikationer. Efter att fiskarna fått i sig taggen läggs de ner i en bassäng där de får återhämta sig och det kontrolleras vad de har för ID, olika mätningar görs, som längd och vikt, och slutligen kontrolleras det att taggen är i fisken. Efter det att fisken har återhämtat sig i minst 30 min släpps den tillbaka i vattnet. Väntetiden finns för att undvika att fisken blir tagen av predatorer efter att den blivit sövd och taggad (Columbia Basin 2014).

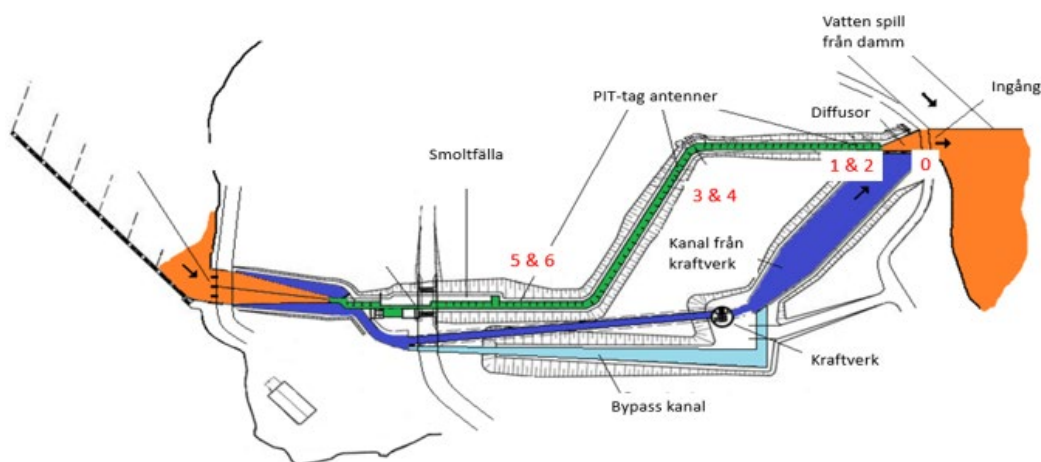
Material som har används i undersökningen är data som samlats in under åren 2017, 2018 och 2019. Datat som har samlats in är för de olika laxindividerna och registreringar om hur de har vandrat i laxtrappan, samt tiden det tog för dem att vandra och hur länge de stannade i diffusorn.

2.2. Datainsamling

Datat har samlats in genom att de taggade fiskarna simmat genom antenner under sin vandring upp för fisktrappan. Varje fisk har fått ett unikt ID. I laxtrappan finns det tre portar där varje port har två antenner som registrerar då en fisk passerar, samt vilken individ som har passerat. Samtidigt registreras vilken tid som fisken passerar och om det är genom den övre eller nedre delen av porten som fisken har simmat genom. Datat som samlas in lagras i ett dataprogram, där det även finns information som när fisken fick märkningen, ålder vid märkning, samt de olika mått som togs som ålder och längd när fisken märktes. Det insamlade datat överfördes till ett excelark där dubblade registreringar sorterades ut, då fiskarna ibland

registreras mer än en gång vid samma antenn. Sedan delades fiskarna in i grupper beroende på om de var vildlax eller odlad lax, samt om de migrerade tidigt eller sent på säsongen, där tidigt är juni-juli och sent är augusti-september. Datat delades även in beroende på om laxen är grilse eller MSW, samt mellan de olika år som datat är insamlat. Det finns även ett excelark som visar hur varje individ har simmat, hur de har rört sig i trappan och vilken tid det tog för fisken att ta sig från diffusorn och ut från trappan.

Den samlade informationen sammanställdes sedan i tabeller och diagram för att kontrollera om det fanns några skillnader mellan de olika grupperna som jämfördes. Det togs fram en median för vilken tid det tog för laxen att vandra uppför trappan, samt tiden som de stannade i diffusorn, indelat i de olika undersökningsgrupperna. Anledningen till att medianen användes i stället för medelvärdet är för att tiden inte ansågs normalfördelad. Histogram skapades även för att få en översikt av vilken tid på dygnet som flest fiskar passerade de sista antennerna, 5 och 6. Dessa värden jämfördes sedan med värden från tidigare studier.



Figur 1: Karta över laxtrappan där datat har samlats in. Diffusorn är ingången till laxtrappan och har den första antennen fisken passerar, antenn 0. Resterande antenner är utplacerade i par, antenn 1 & 2 vid trappans början, 3 & 4 i dess mitt, och 5 & 6 vid där trappan slutar.

Då tiden som spenderades i diffusorn samt tiden som de tog för laxen att klättra inte följde en normalfördelning genomfördes Wilcoxon mann withney för att ta göra de statistiska analyserna. Signifikans nivån för testerna sattes till 0,05 för samtliga tester. Det gjordes även ANOVA för att undersöka om det fanns skillnad mellan undersökningsåren.

3. RESULTAT

3.1. Laxens klättring

I tabellerna nedan presenteras andelen lax som klarade klättringen uppför trappan, samt den andel lax som endast simmade in i diffusorn. De visar även mediantiden laxen spenderade i diffusorn och mediantiden det tog för laxen att klättra uppför hela trappan. Dessa värden jämfördes sedan genom att göra ett Wilcoxon mann whithney test som presenteras under 3.3.

Laxens klättring beroende på vild eller odlad

Tabell 1: Jämförelse vild och odlad lax. Andel påbörjad vandring i trappan är lax som tagit sig in i första porten eller högre, och därför påbörjat sin vandring uppför trappan. Andel som passerat trappan är lax som tagit sig till det sista antennparet vid trappans slut. Andel som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan mäter andelen lax som passerat första antennparet som sedan tog sig till det sista paret. Sist listas mediantiden laxen spenderade i diffusorn och mediantiden för klättring uppför trappan.

	Vild lax	Odlad lax
Andel påbörjad vandring i trappan (%)	76	68
Andel som passerat trappan (%)	64	54
Andel av de som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan (%)	84	80
Mediantid i diffusorn (h)	8,7	43,2
Mediantid för klättring (h)	3,1	3,6

Laxens klättring beroende på säsong

Tabell 2: Jämförelse lax tidig (juni-juli) och sen (augusti-september) säsong. Andel påbörjad vandring i trappan är lax som tagit sig in i första porten eller högre, och därför påbörjat sin vandring uppför trappan. Andel som passerat trappan är lax som tagit sig till det sista antennparet vid trappans slut. Andel som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan mäter andelen lax som passerat första antennparet som sedan tog sig till det sista paret. Sist listas mediantiden laxen spenderade i diffusorn och mediantiden för klättring uppför trappan.

	Tidig säsong	Sen säsong
Andel påbörjad vandring i trappan (%)	63	90
Andel som passerat trappan (%)	43	85
Andel av de som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan (%)	68	95
Mediantid i diffusorn (h)	7,1	16,9
Mediantid för klättring (h)	3,3	3,2

Klättring beroende på om lax var grilse eller MSW

Tabell 3: Jämförelse grilse och MSW-lax. Andel påbörjad vandring i trappan är lax som tagit sig in i första porten eller högre, och därför påbörjat sin vandring uppför trappan. Andel som passerat trappan är lax som tagit sig till det sista antennparet vid trappans slut. Andel som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan mäter andelen lax som passerat första antennparet som sedan tog sig till det sista paret. Sist listas mediantiden laxen spenderade i diffusorn och mediantiden för klättring uppför trappan.

	Grilse	MSW
Andel påbörjad vandring i trappan (%)	93	57
Andel som passerat trappan (%)	85	40
Andel av de som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan (%)	91	70
Mediantid i diffusorn (h)	6,8	21,8
Mediantid för klättring (h)	2,9	3,7

Laxens klättring över åren (2017–2019)

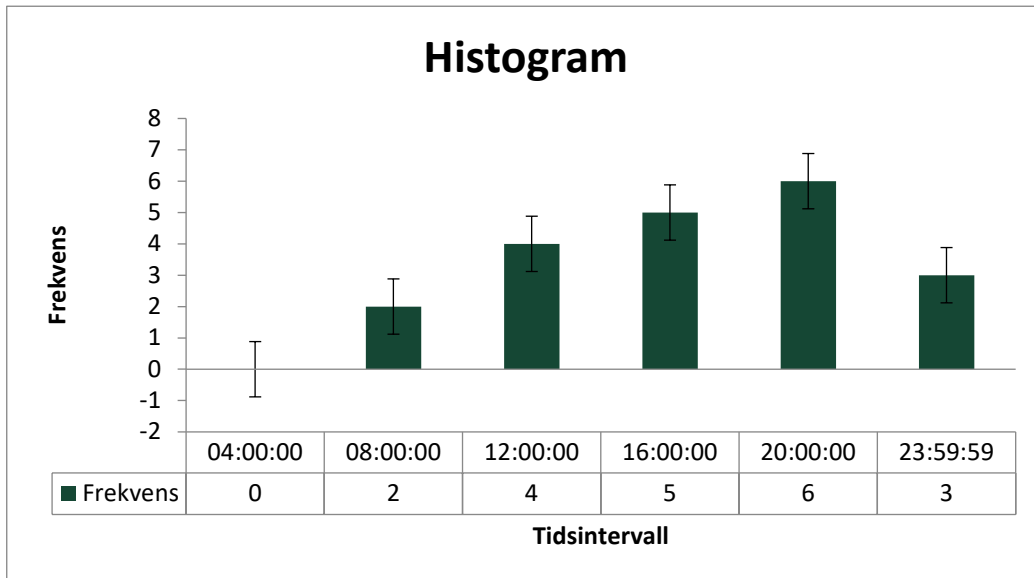
Tabell 4: Jämförelse år 2017–2019. Andel påbörjad vandring i trappan är lax som tagit sig in i första porten eller högre, och därför påbörjat sin vandring uppför trappan. Andel som passerat trappan är lax som tagit sig till det sista antennparet vid trappans slut. Andel som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan mäter andelen lax som passerat första antennparet som sedan tog sig till det sista paret. Sist listas mediantiden laxen spenderade i diffusorn och mediantiden för klättring uppför trappan.

Årtal	2017	2018	2019
Andel påbörjad vandring i trappan (%)	37	82	51
Andel som passerat trappan (%)	53	86	55
Andel av de som tidigare nådde första luckan som simmade till sista luckan (%)	69	95	94
Mediantid i diffusorn (h)	19,7	5,08	21,9
Mediantid för klättring (h)	3,5	2,9	3,5

3.2. Tiden för laxens passerande av sista luckan

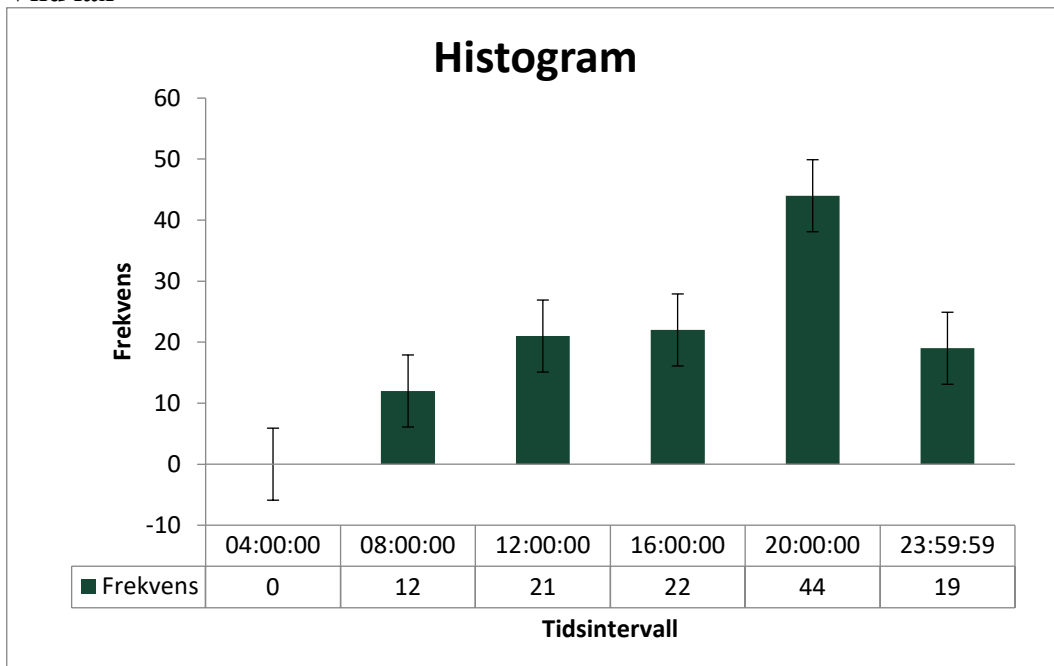
Histogrammen presenterar tiden på dygnet som laxarna passerade den sista luckan på trappan. Datat är uppdelat på vild och odlad lax.

Odlad lax



Figur 2: Ett histogram över när på dygnet som de odlade laxarna simmade igenom den sista luckan, dvs antenn 5 och 6.

Vild lax



Figur 3: Ett histogram över när på dygnet som de vilda laxarna simmade igenom den sista luckan, dvs antenn 5 och 6.

3.3. Resultatet för statistiska analyserna

Resultatet i form av p-värden för de wilcoxon mann whithney samt de ANOVA test som gjordes. Dessa värden kollades mot signifikansgraden på 5%.

Tabell 5: P-värden för de statistiska analyserna som genomfördes för att se om det fanns skillnad mellan tiderna. Mellan åren togs fram genom ANOVA de andra med hjälp av Wilcoxon mann whitney.

	P-värde (tid i diffusorn)	P-värde (tid för klättring)
Vild och Odlad	0,016	0,002
Grilse och MSW	0,002	0,000
Säsong	0,716	0,956
Mellan åren	0,337	0,855

4. DISKUSSION

Enligt det statistiska test som gjordes för att undersöka skillnaden mellan den odlade och vilda laxen fanns det en signifikant skillnad både mellan tiden laxen spenderade i diffusorn ($p=0,016$) och för tiden som det tog för laxen att klättra i trappan ($p=0,002$). Vild lax spenderade kortare tid i både diffusorn och i trappan. Den deskriptiva undersökning som gjordes på andelen lax som tog sig hela vägen visade att det fanns en liten skillnad i hur bra den vilda och den odlade laxen var på att ta sig uppför trappan, där den vilda laxen lyckas i högre grad.

Andelen lax som påbörjade sin klättring uppför trappan under den senare säsongen, augusti och september, var större (90%) än den andel som klättrade under den tidiga säsongen (63%), juni och juli. Under den tidiga säsongen var det 43% av laxen som tog sig hela vägen, medan 85% av laxarna klättrade hela vägen under den sena säsongen. Skillnaderna mellan grupperna kan ha påverkats av den sjukdom som har setts i Vindelälven och Umeälven (Carlstrand & Brockmark 2019).

I en studie av Carlstrand och Brockmark (2017) för SVA för att utreda sjukdomen prov togs år 2016 112 fiskar, varav 83 av dessa visade symptom av någon typ av sjukdom. 40% var svampangripna, men bara 13% av den fisk som inte prov togs på hösten led av svamp. Svampinfektioner på fisk sker på våra breddgrader efter att en primär skada har skett som minskat fiskens försvar, samtidigt som svamphyferna försvårar diagnosticering och bedömning av den ursprungliga skadan. Hudblödningar och symtom som skulle kunna tyda på Ulcerative Dermal Necrosis (UDN), som pigmentförlust och förtunnad hud var de vanligaste symtomen i Umeälven. Av de totalt 38 fiskar som provades för UDN pga sina symtom var det 15 som kunde diagnosticeras UDN. Bara 2 av dessa kom från Umeälven, av 8 med symtom. Många fiskar påvisade även skador som berodde på andra underliggande skador, som fenröta som satt sig tack vare svampangrepp. 33 fiskar hade någon skada eller sjukdom på gälarna, 8 av dessa hade olika grader av gälnekros, vävnadsdöd placerad på gälarna. 18 av 25 fiskar (72%) som uppvisade akuta blödningar eller rodnad kunde påvisas ha en kronisk inflammationsbild.

Vid cellodling kunde ingen växt av virus hittas. Bakterиеodling gav bara träffar på specifik bakterietillväxt på ett fåtal individer. 26 av 35 fiskar som provtagits för

svamp fick svamptillväxt, och flera svamparter kunde påvisas. Helgenomsekvensering gav träff för virus, bakterier, och svamp. Inget av de specifika virus som söktes efter med PCR kunde påvisas. Att virusodlingen var negativ visade att inga lättodlade virus var närvarande, men att helgenomsekvenseringen fortfarande visade på en närvaro av virus betyder att mer svårödlade virus i stället förekommer bland laxen.

Sjukdomarna i dom provade älvsystemen bedömdes ha åtminstone delvis gemensamma orsaker, men framför allt tydde mycket på att flera faktorer påverkade laxhälsan.

Vidare undersökning av sjukdomen gjordes 2018, och även då var Umeälven och Vindelälven del av vattnen som undersöktes. 30 laxar fångades för provtagning där den 1-2a juli och 67% av dessa var svampangripna. Förutom svampangreppen led laxen av hudblödningar och UDN-lika nekroser (Carlstrand & Brockmark 2019). Svampstammarna som fisken hade gick vid tidpunkten för studien inte att artbestämma. Något som däremot observerades var att framförallt grilsehonor fick en ökad vandringsframgång efter en tiaminbehandling, trots att tiaminhalterna hos laxen inte bedömdes vara den drivande faktorn för sjukligheten. Ökad framgång till trots var vandringsframgången av obehandlad lax från 2013 fortfarande 3 gånger så framgångsrik som tiaminbehandlad lax 2018, vilket talar för laxens dåliga kondition. Grilsen och grilsehonorna vandrade dessutom redan bättre än MSW-laxen, och inga MSW-honor klarade vandrigen. Den hårdast påverkade gruppen lax blev alltså inte hjälpt utav tiaminbehandlingen.

Enligt den statistiska analysen fanns det ingen skillnad när det kom till tiden laxen spenderade under klättring i trappan under sen och tidig säsong ($p=0,956$). Det fanns inte heller någon skillnad då det kom till tiden som laxen spenderade i diffusorn innan de började klättra ($p=0,716$). Andelen lax som klarade vandrigen uppför trappan var dock större under den sena säsongen (85%) jämfört med den tidiga (43%).

När de kommer till jämförandet mellan grilse och MSW-laxen finns det en signifikant skillnad både vad gäller klättringen ($p=0,000$) och tiden i diffusorn ($p=0,002$). När det kom till en statistisk analys mellan de olika åren gjordes en ANOVA som visade att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan varken tiden i diffusorn ($p=0,337$) eller tiden som de tog för laxarna att klättra ($p=0,855$).

Histogrammen över när på dygnet laxen tar sig igenom sista luckan i trappan skiljer sig inte avsevärt mellan vild och odlad lax. Båda grupperna saknar observerade passager mellan midnatt och fyra på morgonen, och flest fiskar passerar porten mellan klockan fyra på eftermiddagen och åtta på kvällen.

I studien av (Karlsson 2013) genomsnitt tog det 30 dagar för laxarna att passera genom hela trappan efter att de blivit märkta. Tiden som fiskarna spenderade i trappan varierade med ett genomsnitt på 17,7h. och fiskarna hade i genomsnitt gjort 11,3 besök innan de valde att börja simma upp för trappan. Det var även vanligt att fler laxar simmade in tidigare under dagen medan själva klättringen skedde under eftermiddagarna, ca 70%. Tiden som spenderades i diffusorn varierade med ett genomsnitt på 2,4 dagar. Det fanns ingen skillnad i beteende mellan odlad och vild lax. Detta skiljer sig från vårt data där det finns en signifikant skillnad både mellan tiden i diffusorn och tiden för klättringen. Precis som i våra data var det som minst fisk som klättrade mellan 00:00-04:00, utan fisken verkar vara inaktiv runt midnatt och frampå småtimmarna.

I studien från Skottland (Gowans *et al.* 1999), var det ca 74% av den återvändande laxen som simmade in i trappan och klättrade. Samtliga av de laxar som simmade in i trappan klarade klättringen, utom de som blev tagna av fiskare. De laxar som tog sig in i trappan tidigare på säsongen väntade i diffusorn längre innan de började klättra jämfört med de som kom in senare på säsongen. Tiden i diffusorn varierande mellan några minuter upp till 25 dagar. Även här föredrog laxen att klättra i trappan under dagen framför kvällen. Medeltiden för laxarnas klättring låg på ca 10,7h. Om det jämförs med resultatet ovan var det 68% av den odlade och 76% av den vilda som klättrade hela vägen upp av alla laxar som simmade in i trappan. Av dessa var det 84% respektive 80% som sedan simmade hela vägen upp. Medianvärdet för tiden i diffusorn låg på 8,7h för den vilda och 43,2h för den odlade laxen. Då det kommer till tiden i diffusorn hade de tagit fram ett tidsspann, medan vi i vår studie använt median, detta kan göra det svårare att säga om det är någon skillnad på resultaten eller inte. Medianen ligger dock innanför den tid som de fått fram att laxen spenderar i diffusorn. Tiden för klättringen hade ett medianvärde på 3,1h för den vilda laxen och 3,6 för den odlade laxen. Vilket även det är något lägre än vad tiden som de hade tagit fram, dock är deras värden beräknade som medelvärden vilket inte dessa värden är.

I en studie från Norge (Thorstad *et al.* 2003) var det endast 40% av laxen som klättrade i trappan som klättrade hela vägen. Laxarna stannade i diffusorn mellan 0–71 dagar och klättrade hela trappan på en median på 26h. I den studien var det en lägre andel av laxarna som simmade hela trappan än vad det var i vår studie. Medianen för vår studie för klättringen var 3,2 till 3,6h vilket är lägre än studien av Thorstad *et al.* kom fram till. Tiden i diffusorn är i denna rapport ett medianvärde och kan vara svårt att jämföra med deras studie där de endast har ett tidsintervall.

Som slutsats kan man säga att hypoteserna stämde ganska bra med vad resultaten visade. Det fanns en skillnad mellan den vilda och den odlade laxen. Vild lax tog sig snabbare in i trappan, klättrade fortare, och en högre andel avslutade sin

vandring. Lax från olika tider på säsongen hade också en skillnad i andelen lax som klarade av klättringen, där den senare säsongens lax klarade vandringen bättre. Däremot fanns det ingen skillnad på tiden laxen spenderade i diffusorn eller deras tid för klättringen i trappan mellan säsongerna. Att det fanns en skillnad i andelen lax som klarade vandringen kan vara ett tecken på den aktiva sjukdomen. Att sjukdomen har drabbat MSW-lax hårdare än grilse kan också ha påverkat dom skillnader som syntes mellan dessa. Grilse spenderade mindre tid i diffusorn, klättrade snabbare, och både påbörjade och avslutade vandringen i högre grad. Något som påverkat och försvårat delar av undersökningen är att inom vissa kategorier har det inte funnits tillräckligt med lax, vilket gjort det svårt att göra statistiska test. Det kan även vara bidragande till skillnaderna mellan studierna. De låga antalen lax kan också tala för sjukdomspåverkan i Vindelälven.

5. REFERENSER

- Brockmark, S. & Carlstrand, H. (2017). Sjuklighet och dödlighet i svenska laxälvar under 2014-2016. s. 58
- Calles, O., Sverige & Havs- och vattenmyndigheten (2013). *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar: underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft*. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- Carlstrand, H. & Brockmark, S. (2019). *fortsatta-undersökningar-av-laxsjuklighet-under-2018.pdf*. Tillgänglig: https://old.sva.se/globalassets/redesign2011/pdf/om_sva/publikationer/fortsatta-undersokningar-av-laxsjuklighet-under-2018.pdf [2020-04-04]
- Columbia Basin (2014). *PIT Tag Marking Procedures Manual*. Tillgänglig: https://www.fwspubs.org/doi/suppl/10.3996/102013-JFWM-067/suppl_file/102013-jfwm-067.s6.pdf [2020-03-11]
- Ferguson, J.W., Williams, J.G. & Meyer, E. (2002). *Recommendations for Improving fish passage at the stornorrfors Power station on the Umeälven, Umeå, Sweden*. Tillgänglig: https://www.nwfsc.noaa.gov/assets/26/9009_12212016_155240_Ferguson.et.al.2002-Swedish-Power-Station.pdf [2020-03-10]
- Fjeldstad, H.-P., Pulg, U. & Forseth, T. (2018). Safe two-way migration for salmonids and eel past hydropower structures in Europe: a review and recommendations for best-practice solutions. *Marine and Freshwater Research*, vol. 69 (12), s. 1834
- Gowans, A.R.D., Armstrong, J.D. & Priede, I.G. (1999). Movements of adult Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology*, vol. 54 (4), ss. 713–726
- Grandy-Rashap, R. (2014). *Full Circle: Upstream and downstream migration of Atlantic salmon (Salmo salar) in the northern Swedish river Vindelälven*. (Examensarbete). SLU. Tillgänglig: https://stud.epsilon.slu.se/6636/21/rashap_r_140429.pdf [2020-02-27]
- Hansen, L.P. & Quinn, T.P. (1998). The marine phase of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) life cycle, with comparisons to Pacific salmon. vol. 55, s. 15
- Karlsson, R. (2013). Passage efficiency and migration behavior for adult Atlantic salmon at a Half-Ice Harbor fish ladder. s. 28
- Lax - Artfakta från ArtDatabanken SLU. Tillgänglig: <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/100126/pdf> [2020-04-14]
- Paulsson, C. Norrfors. Ume Älvdal. Tillgänglig: <https://umealvdal.se/besoksomraden/norrfors/> [2020-04-09]
- Rivinoja, P. (2005-11). *Migration problems of Atlantic salmon (Salmo salar L.) in flow regulated rivers*. [Doktorsavhandling]. Tillgänglig: <https://pub.epsilon.slu.se/987/> [2020-03-12]
- Stornorrfors - Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/stornorrfors> [2020-02-27]

Thorstad, E.B., Økland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N. (2003). Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology*, vol. 10 (3), ss. 139–146

Vindelälven - *Uppslagsverk* - *NE.se*. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/vindel%C3%A4lven> [2020-02-27]

Våra kraftverk: Stornorrfors - *Vattenfall*. Tillgänglig: <https://powerplants.vattenfall.com/sv/stornorrfors> [2020-02-27]